云 南 植 物 研 究 7(1): 11—15, 1985
Acta Botanica Yunnanica

冬小麦对不同海拔气候条件的反应
Ⅲ.植株光合作用特征

李存信　　张 禾　　林德辉

（中国科学院昆明植物研究所）

摘要　我们在原地测量了840米和2150米两地种植的冬小麦“凤麦13”苗期、拔节期、抽穗期和灌浆初期的光合作用速率的日变化，光合作用速率对光量子通量密度的反应和 CO_2 补偿点。结果表明生育前期（苗期和拔节期）和后期（抽穗期和灌浆初期）光合作用速率的一日内变化形式相反，而且低地种植的冬小麦其光合速率在前期高于高地种植的，后期高地种植的冬小麦有比低地高的光合速率。光饱和点基本相同。光补偿点在生育前期高地小麦比低地小麦低，而后期低地小麦的的光补偿点减低，并低于高地小麦的。高地小麦的光补偿点比较稳定。CO_2补偿点高地小麦比低地的较低。并就两地气候条件讨论了上述差异。

关键词　冬小麦；光合速率；光补偿点；光饱和点；CO_2补偿点

植物的光合作用受各种各样的环境的影响[1]，黄卓辉等[2]在60年代初曾对上海、河南和青海三地的高产小麦的光合作用特征作过比较。我们自1978年到1983年在云南省巧家县的840米金沙江河谷地区和2150米的山区，在一致的土壤和灌水条件下比较冬小麦“凤麦13”对两地气候条件的反应。本文将介绍两地种植的“凤麦13”在原地测量的一些光合作用特征。

环境、材料和方法

本实验所在地（云南省巧家县的840米河谷和2150米山区）的温度光照条件已在前文[3]详述。本文介绍的实验结果，为在原地所测的资料。用佛山分析仪器厂所产的SH型便携式红外线 CO_2 分析器测定光合作用速率；光量子通量密度用美国 Lambda 仪器公司生产的 LI-188型万能光度计和 LI-190 S 光量子传感器测量；以黑布或纱布在测量时复盖叶室造成不同的遮光；CO_2 补偿点以封闭回路中气体的最后恒定的 CO_2 浓度(ppm)数计之。抽穗前以最上三片完全展开的叶子（包括刚伸出的未展开叶）一起放入叶室作测量对象，抽穗后包括穗，穗茎，旗叶和其下的一片叶。

结果和讨论

图 1 表示苗期、拔节期、抽穗期和灌浆初期之光合作用速率和株间温度的日变化。

本文于1984年 5 月26日收到。

由图1可以看出在温度比较低时，光合作用速率基本上随温度而正变，当温度超过20°C时，光合作用速率下降，温度进一步增高继续下降，就光合速率每日的波动而言，在两地种植的冬小麦各生育期中均为下午的低于上午的，特别是当温度超过20°C时尤为明显，这种情形黄卓辉[2]称为“午睡现象”，认为是一种生理节奏。而 Thill 等[4]将之归于“在最适值以上的叶温和高的下午叶肉对 CO_2 的阻力”，而且“随着达到成熟叶对 CO_2 的扩散阻力（界面层阻力＋气孔阻力）对此也作出贡献，看来这种情形和上午与下午植株的蒸腾强度的差异所引起叶子的水分状态的差异有关[5、6、7]。似乎并非一种生理节奏，因为黄卓辉等[2]在青海的小麦中并未看到“午睡现象”，就我们的结果来看，也只在株间温度高于20°C时才较明显，温度较低时就看不出来，如像低海拔种植的小麦在苗期，高海拔种植的小麦的抽穗期和两地种植的小麦的灌浆初期均较显著，其它的时期则不明显。

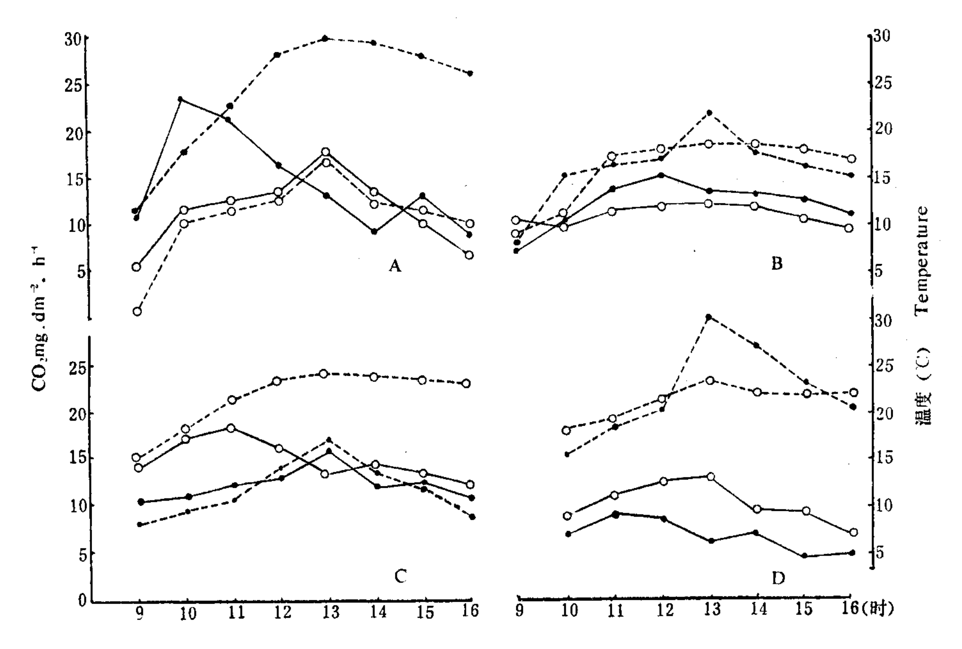


图 1 在不同海拔种植的冬小麦“凤麦13”各生育期温度与光合作用速率的日变化

A.苗期；B.拔节期；C.抽穗期；D.灌浆初期。 •-------•：840米温度（℃）； o-------o：2150米温度（℃）； •———•：840米光合速率； o———o：2150米光合速率。

Fig. 1 Daily changes in temperature and photosynthetic rate of winter wheat plants “Fengmai 13” grown at different altitudes during each growth duration.

A. Seedling stage; B. Elongation stage; C. Heading stage; D. Early filling stage. •-------•: 840 m temperature (℃); o-------o: 2150 m temperature (℃); •———•: 840 m photosynthetic rate; o———o: 2150 m photosynthetic rate.

图1还反映出苗期和拔节期（生育前期）低地种植的小麦的净光合作用速率比高地的较高，抽穗和灌浆期（生育后期）高地种植的小麦净光合作用速率反而比低地的高，这种情形与低地小麦前期生长快和干物质积累多以及高地小麦千粒重较高[3]是遥相呼应的。在此图中未表示出光强度的日变化，那是因为从9点开始光强度都在光合作用的光饱和点以上了。

图 2 是表示两地种植的“凤麦13”的光合作用速率对光量子通量密度的反应，图 2 表明，在生育前期（苗期和拔节期）低地种植的小麦比高地种植的小麦有较高的光补偿点和稍高的净光合作用速率；而光饱和点基本相同。在生育后期(抽穗期和灌浆初期)，高地种植的小麦比低地种植的小麦有较高的光补偿点和净光合作用速率，光饱和点仍基本相同。就其各生育期的变化来看，高地种植的小麦，其光补偿点是较稳定的，但低地种植的小麦，则表现出前期光补偿点高，后期光补偿点低的变化。由图 2 还可以看出在完全遮光或很低的光量子通量密度时，植株释放 CO_2 的速率（即呼吸速率）两地相差很大，低地种植的小麦呼吸速率从苗期到灌浆逐渐降低，而高地种植的小麦的呼吸速率比较稳定，看来光补偿点受呼吸作用速率的影响是颇大的[8、9]，温度的影响可能也是通过其对呼吸作用的影响而起作用的[9]。

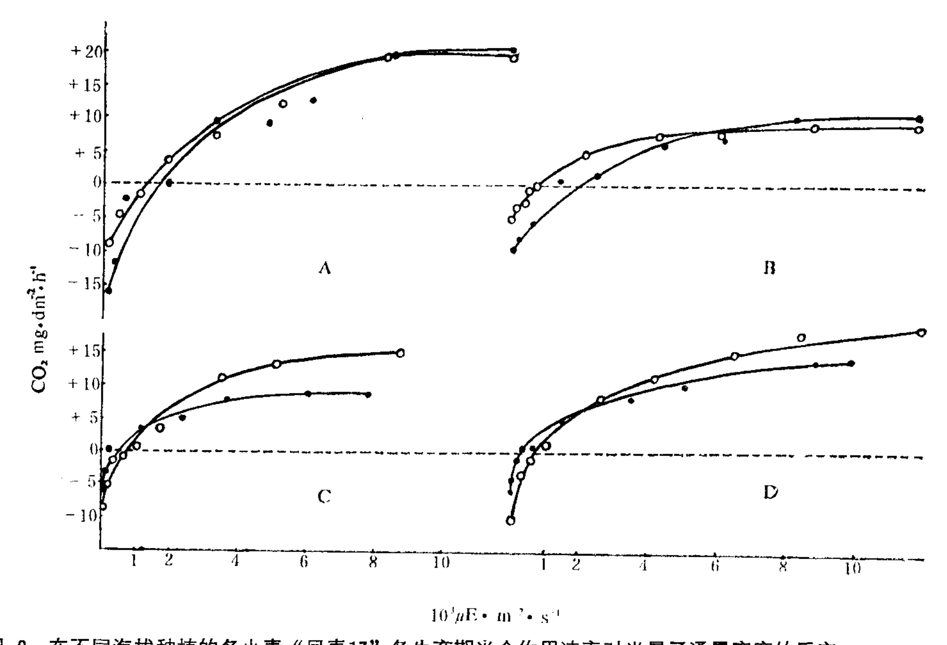


图 2　在不同海拔种植的冬小麦“凤麦13”各生育期光合作用速率对光量子通量密度的反应

A．苗期；B．拔节期；C．抽穗期；D．灌浆初期。　•——•：840米；　○——○：2150米。

Fig. 2　Responses of photosynthetic rate to quantum flux density of winter wheat plants “Fengmai 13” grown at different altitudes during each growth duration.

A. Seedling stage; B. Elongation stage; C. Heading stage; D. Early filling stage.

•——•：840 m;　○——○：2150 m.

表 1 列出了两地种植的“凤麦13”各生育期的 CO_2 补偿点测定对象所经历的日平均温度，由表 1 可以看出在高海拔山区（2150米）所种的冬小麦各生育期的 CO_2 补偿点均比低海拔（840米）处种植的较低，而且基本上随测定对象所经历的日平均温度而变化，即所经历的日均温越低，CO_2 补偿点也越低。这比测量时的温度影响更大，这种情形和 Shrivastava[10]关于小麦幼苗的工作是一致的。此外，由于 CO_2 补偿浓度受大气中氧分压的影响[10]，高地小麦低的 CO_2 补偿点也可能受高海拔处较稀薄的氧的影响，至于低海拔处所种的小麦在灌浆初期有较高的 CO_2 补偿浓度，这可能和低海拔种植的小麦叶片的早衰[3]分不开。

表1 不同海拔种植的冬小麦"凤麦13"各生育期CO_2补偿点和测定对象所经历的日均温度

Table. 1. Winter wheat plants "Fengmai 13" grown at different altitudes, the CO_2 compensation points and the daily mean temperatures which the measuring object undergone during each growth duration.

海拔 Altitudes	项目 Items	生育期 Growth duration			
		苗期 Seedling stage	拔节期 Elongation stage	抽穗期 Heading stage	灌浆初期 Early filling stage
840 m	CO_2补偿点 (ppm) CO_2 compensation points (ppm)	75	65	55	75
	日均温 (℃)* Daily mean temperatures (℃)*	18.1	16.1	9.8	11.1
2150 m	CO_2补偿点 (ppm) CO_2 compensation points (ppm)	50	30	50	55
	日均温 (℃)* Daily mean temperatures (℃)*	9.9	4.4	11.3	15.5

* 测定对象在测定前所经历的日均温度。

* Daily mean temperatures which the measuring object undergone before measurement.

参 考 文 献

〔1〕 Marcelle, R. (ed.), 1975: Environmental and biological control of photosynthesis. Dr. W. Junk b. v., Publishers. The Hague.

〔2〕 黄卓辉、余志新、王兆德，1962：小麦光合作用的初步研究。夏镇澳、余叔文（1962）编"小麦丰产研究论文集"166—172页，上海科技出版社。

〔3〕 李存信、张禾、林德辉、倪文，1982：冬小麦对不同海拔气候条件的反应，Ⅰ.叶片特征和产量构成因素的比较。云南植物研究，4（4）：393—398.

〔4〕 Thill, D. C., R. E. Witters and R. I. Papendick, 1978: Interactions of early- and late-planted winter wheat with their environment. *Agron. J.*, **70** (6): 1041—1047.

〔5〕 Johnson, R. C., R. E. Witters and A. J. Ciha, 1981: Daily patterns of apparent photosynthesis and evapotranspiration in a developing winter wheat crop. *Agron. J.*, **73** (3): 414—418.

〔6〕 Frank, A. B., J. F. Power and W. O. Willis, 1973: Effect of temperature and plant water stress on photosynthesis, diffusion resistance, and leaf water potential in spring wheat. *Agron. J.*, **65** (5): 777—780.

〔7〕 Denmead, O. T. and B. D. Millar, 1976: Field studies of the conductance of wheat leaves and transpiration. *Agron. J.*, **68** (2): 307—311.

〔8〕 Hoch, G., O. V. H. Owens and B. Kok, 1963: Photosynthesis and respiration. *Arch. Biochem. Biophys.*, **101** (1): 171—180.

〔9〕 R. Ishi（石井龙一）, Y. Murata（村田吉男）, 1978: Further evidence of the Kok effects in C_3 plants and the effects of environmental factors on it. *Japan Jour. Crop Sci.*, **47** (4): 547—550.

〔10〕 Sirohi, G. S. and A. K. Shrivastava, 1978: Carbondioxide compensation concentration and its relationship to photorespiration and net carbon exchange—a review. *Ind. J. Plant Physiol.*, 21(1): 70—89.

RESPONSE OF WINTER WHEAT TO THE CLIMATE AT DIFFERENT ALTITUDES Ⅲ. SOME PHOTOSYNTHETIC CHARACTERISTICS OF THE PLANT

Li Cunxin, Zhang He and Lin Dehui

(*Kunming Institute of Botany, Academia Sinica*)

Abstract The authors have measured in situ daily changes in photosynthetic rate, its responses to quantum flux density, and CO_2 compensation points of wheat plants (*Triticum sativum* L. c. v. "Fengmai 13") grown at both altitude localities of 840 m (lowland) and 2150 m (highland) during seedling, elongation, heading and early filling stages, respectively. The results showed that the feature of daily variation in photosynthetic rate during early growth (seedling and elongation) stages is contrary to that during later growth (heading and early filling) stages. During early stages, the photosynthetic rate of winter wheat grown at lowland is higher than at highland. During later stages, on the contrary, the photosynthetic rate of winter wheat grown at highland is higher than at lowland. At the same time, the light saturation point of both altitude localities is about the same. During early growth stages, the light compensation point of winter wheat grown at highland is lower than at lowland; whereas during later stages, the light compensation point of winter wheat grown at lowland decreases and is lower than at highland, but the light compensation point of winter wheat grown at highland is relatively constant. In addition, the CO_2 compensation point of winter wheat grown at highland is lower than at lowland. Consequently, in respect to the climatic condition of both localities, the above-described differences are discussed.

Key words Winter wheat; Photosynthetic rate; Light compensation point; Light saturation point; CO_2 compensation point